

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 44 541.9

Anmeldetag: 25. September 2002

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Durchführung einer Regelung der
Position von Nockenwellenstellern

IPC: F 02 D, F 01 L

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. Juli 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Agurks

12.09.02 JC/Wj

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren zur Durchführung einer Regelung der Position von Nockenwellenstellern

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Durchführung einer Regelung der Position von Nockenwellenstellern.

15

Es ist bekannt bei Brennkraftmaschinen, insbesondere bei Brennkraftmaschinen von Kraftfahrzeugen, Nockenwellen gegenüber einer Referenzposition verstellbar zu gestalten. Hierzu wird ein Nockenwellensteller betätigt, der die Drehlage der Nockenwelle gegenüber einer Referenzposition verstellt.

20

Zur Regelung der Lage des Nockenwellenstellers wird in einem Steuergerät die Sollposition für den Nockenwellensteller aus dem Steuergerät zugeführten, gemessenen Größen ermittelt. Aus dem Istwert der Position des Nockenwellenstellers und der ermittelten Sollposition wird ein Regelsignal abgeleitet.

25

Durch diese Vorgehensweise erfolgt eine Regelung der Position eines Nockenwellenstellers gegenüber einer Referenzposition. Die Regelgeschwindigkeit und die Regelgüte einer solchen Regelung sind dabei von dem Verhalten des Nockenwellenstellers an sich abhängig. Hierzu weist der Nockenwellensteller ein ihm zugeordnetes, ansteuerbares Schaltglied auf, das den Arbeitszustand des Nockenwellenstellers beeinflusst. Häufig handelt es sich bei Nockenwellenstellern um hydraulisch arbeitende Steller. Der eigentliche Steller des Nockenwellenstellers ist ein hydraulischer Arbeitszylinder, der mit einer Hydraulikflüssigkeit druckbeaufschlagt wird. Zum Steuern des Zu- und Abflusses der Hydraulikflüssigkeit in die wenigstens eine Arbeitskammer des Nockenwellenstellers ist diesem in der Regel ein elektromagnetisch betätigtes Ventil als Schaltglied zugeordnet. Hydraulischer Arbeitszylinder (Steller) und

30

35

das ihn betätigende Schaltglied werden begrifflich häufig als Nockenwellensteller zusammengefasst, wobei der Begriff Nockenwellensteller gelegentlich auch zur Bezeichnung des eigentlichen Arbeitszylinders verwendet wird.

5 Aufgabe der Erfindung ist es, die Qualität und Güte der Regelung eines Nockenwellenstellers zu verbessern.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß dem Anspruch 1 gelöst.

10 Gemäß der Erfindung wird für die Regelung der Position der Nockenwelle durch einen Nockenwellensteller, insbesondere bei Brennkraftmaschinen, vorzugsweise von Kraftfahrzeugen, eine Vorsteuerung durchgeführt. Hierzu wird eine Regelung für die Position einer Nockenwelle bezüglich einer Referenzposition durch einen

15 Nockenwellensteller in Abhängigkeit der Istposition der Nockenwelle und in Abhängigkeit einer ermittelten Sollposition für die Nockenwelle durchgeführt. Dabei wird aus Sollposition und Istposition des Nockenwellenstellers ein Stellsignal zur Ansteuerung des Stellers für die Nockenwelle ermittelt. Bei der Ermittlung des Stellsignals wird erfindungsgemäß ein aufgrund den Betrieb des Nockenwellenstellers

20 charakterisierende Zustandsgrößen ermittelter Vorsteueranteil berücksichtigt. Hierdurch wird bei der Generierung des den Nockenwellensteller ansteuernden Stellsignals das Verhalten des Nockenwellenstellers berücksichtigt. Das wesentliche Verhalten des Nockenwellenstellers wird dabei durch die Stellgeschwindigkeit des Stellers in der aufgrund der Regelabweichung zu erzeugenden Verfahrrichtung charakterisiert. Dabei ist

25 die Verfahrgeschwindigkeit in den beiden möglichen Verfahrrichtungen (hin zu der Referenzposition oder weg von der Referenzposition) nicht nur von Nockenwellensteller zu Nockenwellensteller verschieden, sondern auch aufgrund der Arbeitsbedingungen eines Nockenwellenstellers eine betriebszustandsabhängig veränderliche Größe. Aus diesem Grund kann durch das erfindungsgemäße Berücksichtigen eines entsprechenden

30 Vorsteueranteils in einfacher und kostengünstiger Weise eine Verbesserung der Regelgüte und eine Verringerung der für das Einstellen einer Sollposition erforderlichen Stelldauer erreicht werden.

Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass der Vorsteueranteil aufgrund von

35 Zustandsgrößen ermittelt wird, die den Zustand der die Stellbewegung des

Nockenwellenstellers veranlassenden Hydraulikflüssigkeit repräsentieren. Hierbei werden vorzugsweise als Zustandsgrößen wenigstens einer der Größen aus Druck und Temperatur der Hydraulikflüssigkeit verwendet. Die Berücksichtigung von die Hydraulikflüssigkeit betreffenden Zustandsgrößen hat einen besonderen Vorteil. Der Zustand der Hydraulikflüssigkeit beschreibt zunächst das Eigenverhalten dieser Flüssigkeit. Dieses Verhalten der als Arbeitsmedium im Steller dienenden Hydraulikflüssigkeit hat einen direkten Einfluss auf das Verhalten des Stellers an sich. Darüber hinaus beeinflusst das Hydrauliköl und sein physikalischer Zustand auch das Verhalten des Schaltgliedes (Stellers) der den Zufluss des Hydrauliköls in die Arbeitskammer des Arbeitszylinders des Nockenwellenstellers. Hierbei sind insbesondere der Druck und die Temperatur der Hydraulikflüssigkeit maßgeblich, da diese beiden Größen zum einen die Viskosität der Hydraulikflüssigkeit und zum anderen die Schaltgeschwindigkeit des Stellventils beeinflussen. Die Schaltgeschwindigkeit ist zum einen direkt von der Viskosität der Hydraulikflüssigkeit abhängig, andererseits bestimmt die Temperatur der Hydraulikflüssigkeit auch die Arbeitstemperatur des Schaltmittels des Stellventils, beispielsweise eines Elektromagneten und hat damit auch Einfluss auf dessen Ansprechverhalten. Dabei kann es sich gemäß Ausgestaltungen der Erfindung bei dem Hydrauliköl um das im Motor umlaufende Motoröl handeln. Für die Zwecke der Nockenwellensteuerung kann dabei das Motoröl auf der von der Motorölpumpe druckbeaufschlagten Förderseite des Motorölkreislaufs abgezweigt werden.

Dabei ist es tendenziell so, dass mit steigender Temperatur der Hydraulikflüssigkeit die Viskosität geringer wird und daher die zum Erzeugen eines Stellweges des Nockenwellenstellers erforderlichen Ventilöffnungszeiten abnehmen. Ebenso nehmen die für die Erzeugung eines Stellweges des Nockenwellenstellers erforderlichen Ventilöffnungszeiten mit steigendem Druck der Hydraulikflüssigkeit zu. Die Ermittlung des Vorsteueranteils aus den Zustandsgrößen Öltemperatur und/oder Öldruck erfolgt entweder aus entsprechenden Kennlinien oder aber einer Modellisierung des Verhaltens des Stellers und des den Steller betätigenden Schaltgliedes. Dabei muss die Bestimmung des Vorsteueranteils immer an die bei der jeweiligen Brennkraftmaschine vorhandenen Verhältnisse (beispielsweise Anordnung, Dimensionierung von Arbeitszylinder und hydraulischen Leitungen, Eigenschaften des Schaltgliedes) angepasst werden.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Ermittlung des Vorsteueranteils unter Verwendung der Zustandsgröße Bordnetzspannung. Die

Bordnetzspannung ist eine für das Verhalten eines elektromagnetischen Schaltgliedes maßgeblich Zustandsgröße. Je größer die Bordnetzspannung ist, desto geringer ist die Flugzeit des von dem Elektromagneten beaufschlagten Ankers zwischen seinen beiden Endlagen. Daher ist die Schaltzeit des Ventils, während der zumindest nur ein Teil der Maximalen Ventildurchströmung erfolgt, geringer. Mit zunehmender Bordnetzspannung ist also die erforderliche Bestromungsdauer des Ventils zur Erzeugung einer definierten Stellbewegung geringer werdend.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sehen vor, dass wenigstens ein Teil der Zustandgrößen über Sensoren erfasst wird. Dabei kann ein Teil der Zustandgrößen ohnehin als gemessene Größe vorliegen und muss daher nur zusätzlich an die Steuereinrichtung, in der die Vorsteuerung ermittelt wird, übermittelt werden. Andererseits ist es selbstverständlich auch möglich, dieser Steuereinrichtung von entsprechenden Sensoren und/oder ihren zugeordneten Meßauswertern Signale direkt zuzuführen. Gemäß alternativer oder ergänzender Ausführung wird wenigstens ein Teil der Zustandgrößen aus anderen, insbesondere mittels Sensoren gemessenen Größen abgeleitet wird, wobei die Ermittlung der Zustandgrößen vorzugsweise modellgestützte oder aus entsprechenden Kennlinien ermittelt wird. Die modellgestützte Ermittlung ist eine Möglichkeit zu berücksichtigende Zustandgrößen zu ermitteln, die nicht direkt gemessen werden, aber aus ohnehin gemessenen Größen durch modellgestützte Ermittlung abgeleitet werden können. Es werden nur für die Durchführung der Vorsteuerung erforderliche zusätzliche Sensoren ggf. vermieden, so dass für die Vorsteuerung nur geringe Mehrkosten und kein erhöhter Bauteileaufwand entstehen. Die Vorsteuerung kann insbesondere in dem Steuergerät vorgenommen werden, das die Regelung des Nockenwellenstellers vornimmt. In diesem Fall ist das Verfahren als ausführbares Computerprogramm in einem Speicherbaustein abgelegt und wird auf einem Rechner, wie einem Mikrochip, des Steuergerätes ausgeführt.

Beispielsweise kann dann, wenn als Hydraulikflüssigkeit Motoröl auf der Förderausgangsseite der Motorölpumpe abgezweigt wird, der Druck aus der Motordrehzahl abgeleitet werden, da die Motorölpumpe direkt von der Steuerkette oder dem Steuerriemen, der mit der Kurbelwelle verbunden ist, angetrieben wird. Hierbei ergibt sich qualitativ gesehen bei niedriger Motordrehzahl und niedriger Öltemperatur aufgrund der geringen Viskosität des Motoröls ein übermäßig hoher Vordruck am Eingang des Schaltglieds des Nockenwellenstellers. Bei niedriger Motordrehzahl und

hoher Öltemperatur ist dabei der Vordruck am Eingang des Schaltglieds des Nockenwellenstellers aufgrund der bei der niederen Viskosität auftretenden Leckagen im Motorölkreislauf geringer als der eigentlich erwünschte Wert. Dementsprechend muss die Modellierung des Öldrucks aus der Motordrehzahl eine entsprechende

5 Temperaturabhängige Komponente beinhalten. Das Modell und die entsprechende Anpassung der Vorsteuerung an den gegenüber dem Solldruck herrschenden Öldruck kann vom Fachmann ggf. auch empirisch ermittelt werden.

Auch kann die Öltemperatur aus dem Betrieb der Brennkraftmaschine oder aus der

10 Kühlwassertemperatur mit einem Modell abgeleitet werden. Werden Kennlinien verwendet, kann die Modellierung unerschwellig durch entsprechende Anpassung des Kennlinienverlaufs an die indirekt für Zustandsgrößen verwendeten gemessenen Größen angepasst sein.

Gemäß erfindungsgemäßer Ausgestaltung eines Verfahrens wird als Vorsteueranteil ein Signal ermittelt, um welches das Stellsignal, insbesondere durch additive oder multiplikative Verknüpfung, verändert wird. Diese Vorgehensweise ermöglicht eine einfache, quasi modulare Anbindung der Vorsteuerung an die Regelung der Position des Nockenwellenstellers. Die Regelung erfolgt in einer bestimmten, geeigneten und an sich

15 bekannten Weise. Das durch die Regelung erzeugte Stellsignal wird nun nicht direkt an den Nockenwellensteller bzw. dessen Schaltglied weitergeleitet. Vielmehr wird dieses Signal zuvor mit dem Vorsteueranteil verknüpft.

Gemäß bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung handelt es sich bei dem Stellsignal um ein einen Elektromagneten bestromendes Taktsignal. Die Öffnungsdauer des taktend bestromten Schaltgliedes Elektromagnetventil ist ein Maß und somit der stromabwärts (bei die Arbeitskammer mit unter Vordruck stehenden, befüllenden Schaltgliedern) oder stromaufwärts (bei die Arbeitskammer von Hydraulikflüssigkeit entlüftenden Schaltgliedern) des Schaltgliedes in einer Arbeitskammer des Stellers anstehenden

25 Druckes der Hydraulikflüssigkeit ist dabei von dem Taktverhältnis des Taktsignals abhängig. Das Taktverhältnis wird dabei entsprechend dem Vorsteueranteil angepasst, das heißt verringert oder vergrößert. Das Taktsignal ist dabei in der Regel das einen Leistungsverstärker ansteuernde Signal, der die Bestromung der Elektromagneten in Abhängigkeit des Taktsignals vornimmt.

30

35

Neben den Ansprüchen ist die Erfindung auch in der Beschreibung dargelegt. Im übrigen ist die Erfindung auch anhand des in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert; dabei zeigt:

5 Fig. 1: das schematische Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorsteuerung; und

Fig. 2: die sich aus dem Tastverhältnis der Ansteuerung ergebende
Verstellgeschwindigkeit des Nockenwellenstellers.

10 Die Figur 1 zeigt das Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Dabei erfolgt die Regelung in dem Rechner 100 für die Vorsteuerung. Dem Rechner 100 wird ein
ermittelter Sollwert P_{soll} sowie der Istwert P_{ist} für die Position des
Nockenwellenstellers zugeführt. Darüber hinaus werden noch Signale zugeführt, die die
Bordnetzspannung U_{bord} , die Temperatur $T_{\text{öl}}$ des Motoröls und die Motordrehzahl n
15 repräsentieren.

In der Regler-Untereinheit 101 des Rechners 100 wird aus der Sollposition P_{soll} und der
Istposition P_{ist} die Regelabweichung und ein sich daraus ergebendes Stellsignal, das
Taktsignal TA für die getaktete Ansteuerung des den Elektromagneten schaltbar
20 bestromenden Leistungsverstärkers, ermittelt. Bei dem Taktsignal handelt es sich
beispielsweise um ein Rechtecksignal, dessen Signalpegel für einen veränderbaren Anteil
(Tastverhältnis) einer sich aneinander anschließend wiederholenden Periode auf den
logischen Wert „1“ gesetzt ist. Der logische Wert „1“ entspricht dabei einer Bestromung
des Elektromagneten und entsprechend der Zuordnung dann einer Ventilöffnung oder
25 Ventilschließung eines dem Arbeitszylinder des Nockenwellenstellers zugeordneten
Schaltventils. Im übrigen Zeitraum einer Periode ist weist das Taktsignal den logischen
Wert „0“ auf, so dass der Elektromagnet in dieser Zeit nicht betätigt ist, demgemäß
befindet das durch den Elektromagneten betätigte Ventil sich in der anderen
Schaltstellung.

30 Ohne das Vornehmen einer Vorsteuerung würde das Taktsignal TA dem Endverstärker
zugeführt und entsprechend diesem Signal die Bestromung des Elektromagneten
durchgeführt.

Aufgrund der weiteren zugeführten Signale U_{bord} , $T_{\text{öl}}$ und n wird in der Vorsteuer-
einheit 102 ein Vorsteueranteil DT ermittelt. Hierzu wird beispielsweise anhand eines
geeigneten Modells aus der Motoröltemperatur $T_{\text{öl}}$ und der Motordrehzahl ein Wert für
den Öldruck ermittelt. Aus diesem Wert für den Öldruck wird dann ein entsprechender
5 Korrekturfaktor K_{fD} abgeleitet, der der Anpassung des Verhaltens des Stellers an das
Verhalten eines Stellers bei der Arbeit mit dem vorgesehenen Nennöldruck vornimmt.
Die Ermittlung des Korrekturfaktors K_{fD} kann durch eine empirisch ermittelte Kennlinie
oder eine rechnerische Modellierung erfolgen. Gleichzeitig erfolgt die Anpassung an das
Verhalten des Schaltgliedes gegenüber den Schwankungen der Bordnetzspannung
10 U_{bord} . Hierbei erfolgt beispielsweise eine lineare Anpassung durch einen
Korrekturfaktor K_{fU} , gemäß der Gleichung $K_{fU} = U_{\text{bord}} / U_{\text{nenn}}$, wobei U_{nenn} die
Nennspannung des Bordnetzes (z.B. 13,5V) ist. Die beiden Korrekturfaktoren K_{fU} und
 K_{fD} werden miteinander Multipliziert, man erhält den Vorsteueranteil DT nach $DT =$
 $K_{fU} * K_{fD}$. Der Vorsteueranteil DT wird dann dem Verknüpfen 104 zugeführt. In dem
15 Verknüpfen 104 wird das Tastverhältnis des Taktsignals TA entsprechend dem Wert des
Vorsteueranteils DT verändert. Dies ergibt das Stellsignal TB , das die Vorsteuerung
berücksichtigt. Mit diesem Stellsignal TB wird dann der Nockenwellensteller bzw. dessen
Schaltglied angesteuert.

20 Die Figur 2 zeigt das Diagramm der sich aus dem Tastverhältnis des Taktsignals, das als
Stellsignal benutzt wird, ergebende Stellgeschwindigkeit eines Nockenwellenstellers.
Bei einem Tastverhältnis von 50% behält der Nockenwellensteller seine Position bei,
während bei kleinerem Tastverhältnis eine Bewegung in eine Richtung (beispielsweise in
Richtung auf die Referenzposition, welche in einem Endanschlag des Bewegungsweges
25 liegt) erfolgt und bei größerem Tastverhältnis eine Bewegung des Nockenwellenstellers
in die andere Richtung erfolgt. Dabei steigt die jeweilige Bewegungsgeschwindigkeit des
Nockenwellenstellers mit zunehmender Differenz zu einem Taktverhältnis von 50% an.

18.09.02 JC/Wj

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10 Ansprüche

10

15

20

25

30

35

1. Verfahren zur Regelung der Position von Nockenwellenstellern, insbesondere bei Brennkraftmaschinen, wie Brennkraftmaschinen von Kraftfahrzeugen, wobei
 - eine Regelung für die Position einer Nockenwelle bezüglich einer Referenzposition durch einen Nockenwellensteller in Abhängigkeit von der Istposition der Nockenwelle und in Abhängigkeit von einer ermittelten Sollposition für die Nockenwelle erfolgt;
 - aus Sollposition und Istposition ein Stellsignal zur Ansteuerung des Stellers für die Nockenwelle ermittelt wird;dadurch gekennzeichnet, dass bei der Ermittlung des Stellsignals ein aufgrund von den Betrieb des Nockenwellenstellers charakterisierenden Zustandsgrößen ermittelter Vorsteueranteil berücksichtigt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Vorsteueranteil aufgrund von Zustandsgrößen ermittelt wird, die den Zustand der die Stellbewegung des Nockenwellenstellers veranlassenden Hydraulikflüssigkeit repräsentieren.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Zustandsgrößen wenigstens eine der Größen aus Druck und Temperatur der Hydraulikflüssigkeit verwendet werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine der bei der Ermittlung des Vorsteueranteils verwendeten Zustandsgrößen die Bordnetzspannung ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Teil der Zustandgrößen über Sensoren erfasst wird.
- 5 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Teil der Zustandgrößen aus anderen, insbesondere mittels Sensoren gemessenen Größen abgeleitet wird, wobei die Ermittlung der Zustandgrößen vorzugsweise modellgestützt oder aus entsprechenden Kennlinien erfolgt.
- 10 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Vorsteueranteil ein Signal ermittelt wird, um welches das Stellsignal, insbesondere durch additive oder multiplikative Verknüpfung, verändert wird.
- 15 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Stellsignal ein Taktsignal für die Betätigung eines einen Fluidpfad öffnenden elektromagnetisch betätigten Schaltventils ist, dessen Taktverhältnis bei der ventilöffnenden Bestromung aufgrund der Vorsteuerung verändert wird.

12.09.02 JC/Wj

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren zur Durchführung einer Regelung der Position von Nockenwellenstellern



Zusammenfassung

15

Es wird für die Regelung der Position der Nockenwelle durch einen Nockenwellensteller, insbesondere bei Brennkraftmaschinen, vorzugsweise von Kraftfahrzeugen, eine Vorsteuerung durchgeführt. Hierzu wird eine Regelung für die Position einer Nockenwelle bezüglich einer Referenzposition durch einen Nockenwellensteller in Abhängigkeit der Istposition der Nockenwelle und in Abhängigkeit einer ermittelten Sollposition für die Nockenwelle durchgeführt. Dabei wird aus Sollposition und Istposition des Nockenwellenstellers ein Stellsignal zur Ansteuerung des Stellers für die Nockenwelle ermittelt. Bei der Ermittlung des Stellsignals wird erfindungsgemäß ein aufgrund den Betrieb des Nockenwellenstellers charakterisierende Zustandsgrößen ermittelter Vorsteueranteil berücksichtigt.

20

25



1/1

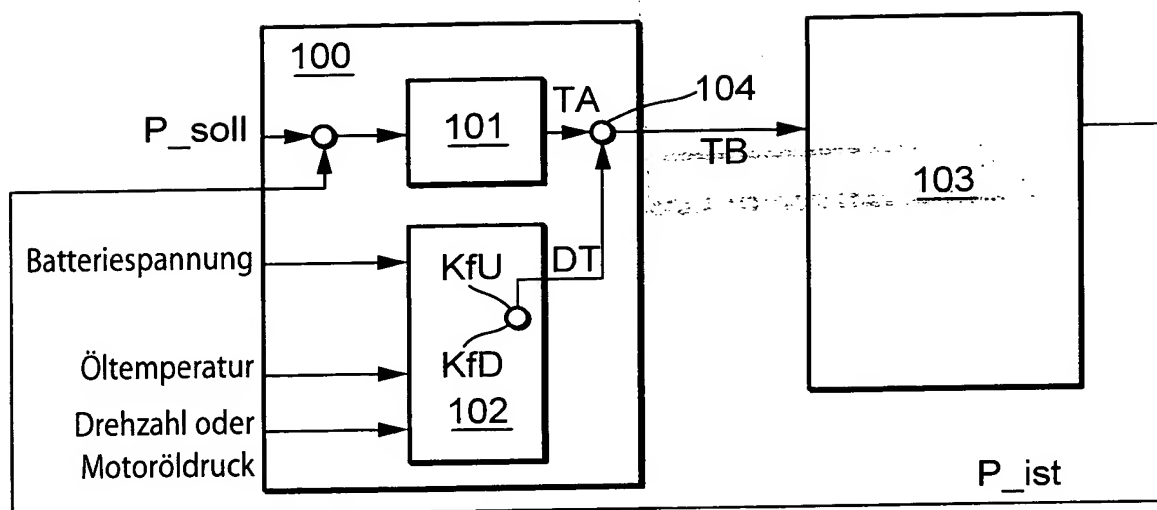


Fig. 1

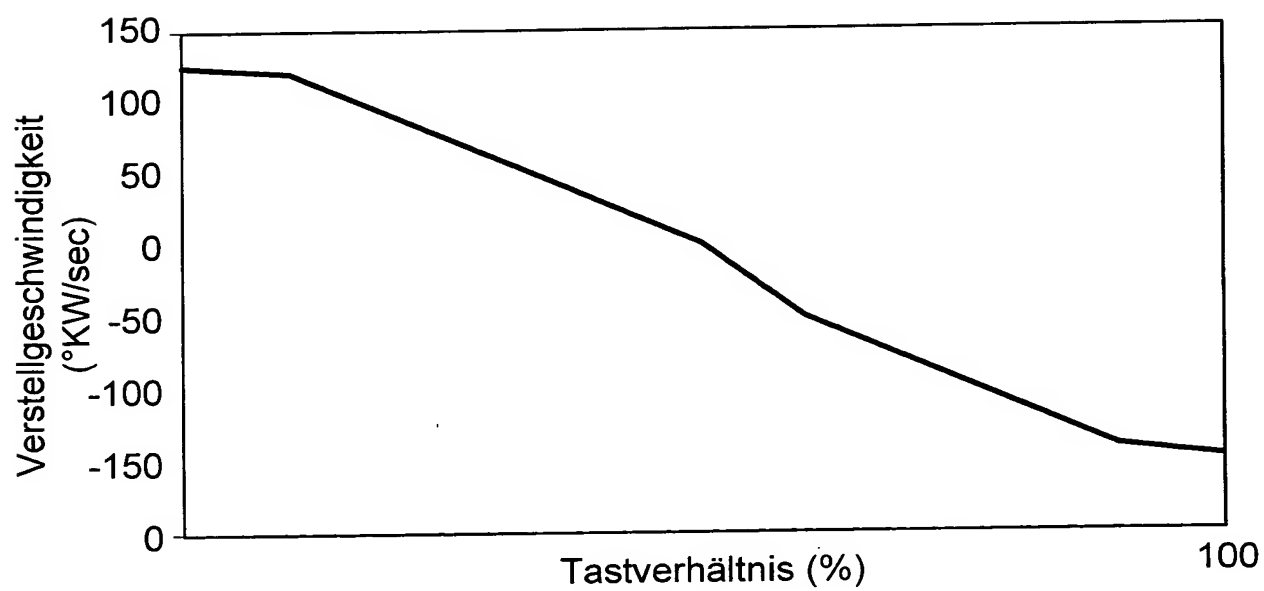


Fig. 2